



Francisco Lins

## Variação Espacial para o Cultivo do Arroz no Brasil conforme Prognósticos de Mudanças Climáticas

Eduardo Delgado Assad<sup>1</sup>  
Silvando Carlos da Silva<sup>2</sup>  
Hilton da Silveira Pinto<sup>3</sup>  
Jurandir Zullo Junior<sup>3</sup>

### Introdução

A proposta de zoneamento agrícola tem como finalidade a redução da alta taxa de sinistralidade da agricultura brasileira, determinada pelos eventos climáticos, e que chega, de acordo com Göepfert et al. (1993), a 16,27% nas culturas de verão a 21,64% nas culturas de inverno.

Com a adoção do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGRO), baseado no zoneamento agrícola, constatou-se a diminuição dos riscos e o aumento da produtividade, além da redução do custo anterior de cobertura anual de R\$150 milhões para R\$500 mil, em 1996. Com isso, o zoneamento tornou-se um instrumento de apoio à política agrícola do Governo Federal no que tange a crédito e a segurança rural.

Este trabalho avalia o efeito que as possíveis mudanças climáticas advindas do aquecimento global, previstas pelo "Intergovernmental Panel on Climate Change (Houghton et al., 2001), poderão provocar na aptidão climática da cultura do arroz, tendo por base a metodologia utilizada no Zoneamento Agrícola do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que está em vigor desde a safra de 1996.

O IPCC é um órgão intergovernamental, composto por cientistas de vários países, responsável pela montagem de cenários de mudanças climáticas baseados em simulações e modelagem de dados, com o intuito de mitigar e prevenir os danos e perdas causadas por tais mudanças.

Essas alterações na temperatura do ar e na precipitação pluvial correspondem à perspectiva de ocorrerem mudanças climáticas globais nos próximos 100 anos. Conforme cenário apresentado por Houghton et al. (2001), poderá haver um acréscimo de 1,0°C a 5,8 °C na temperatura média do planeta, variável no tempo e no espaço. A consequência disso será uma profunda modificação no ciclo hidrológico, com reflexos no consumo de água das plantas, promovendo aumentos significativos na evapotranspiração potencial, evapotranspiração real e na precipitação pluvial.

Como resultado direto das mudanças climáticas haverá alteração, em termos absolutos, do balanço hídrico das culturas, cujos resultados são auxiliares aos instrumentos determinantes do crédito agrícola e do seguro rural brasileiro, que é o risco climático. Além, é claro, da distribuição espacial dos cultivos, alcançando a esfera econômica, política e sócio-espacial do Brasil.

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, 13083-886, Campinas, SP [assad@cnptia.embrapa.br](mailto:assad@cnptia.embrapa.br)

<sup>2</sup>Engenheiro Agrícola, Mestre em Agronomia, Embrapa Arroz e Feijão, Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO. [silvando@cnpaf.embrapa.br](mailto:silvando@cnpaf.embrapa.br)

<sup>3</sup>Pesquisadores, Universidade Estadual de Campinas - Cepagri/Unicamp, Cidade Universitária "Zeferino Vaz", 13083-970 Campinas, SP.

Considerando-se este panorama de alterações atmosféricas, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária está desenvolvendo um estudo que prevê a simulação de variações climáticas, a saber: "Impactos das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático no Brasil". Este trabalho planeja um novo zoneamento, baseado na metodologia existente e em simulações e modelagem dessas variações, a fim de evitar perdas futuras e um aumento da cobertura anual do PROAGRO.

## Metodologia

O processo para criar um Zoneamento Agrícola baseado nos riscos climáticos, de acordo com Cunha & Assad (2001), "deu-se através da integração de modelos de simulação de crescimento e desenvolvimento de culturas, base de dados de clima e de solo, técnicas de análise de decisão e ferramentas de geoprocessamento" e em função de que, para Farias et al. (2001), "a imprevisibilidade das variações climáticas confere à ocorrência de adversidades climáticas o principal fator de risco e de insucesso na produção de grãos".

Para o desenvolvimento das simulações adotou-se a metodologia que levará em consideração a análise freqüencial da precipitação pluviométrica e do ISNA (índice de satisfação da necessidade de águas das culturas) que é a relação entre ETr (evapotranspiração real) e a ETm (evapotranspiração máxima), apresentada na Equação 1.

$$\text{ISNA} = \text{ETr} / \text{ETm} \quad (1)$$

Evapotranspiração (ET) é, de acordo com Pereira et al. (2002), o processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e pela transpiração das plantas. Dependendo das condições da vegetação, do tamanho da área vegetada e do suprimento de água pelo solo, definem-se situações bem características, tais como potencial, real, de oásis e de cultura.

ETr, de acordo com Pereira et al. (2002), é a quantidade de água realmente utilizada por uma extensa superfície vegetada com grama, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo, porém com ou sem restrição hídrica. Quando não há restrição hídrica, ETr = evapotranspiração potencial<sup>1</sup> (ETP); portanto:

$$\text{ETr} \leq \text{ETP} \quad (2)$$

ETM, ainda segundo os mesmos autores, refere-se às condições em que a água é suficiente para um crescimento e desenvolvimento sem restrição e representa a taxa de evapotranspiração máxima de uma cultura sadia que cresce em grandes áreas sob condições ótimas de manejo agrônomo e de irrigação.

A fim de encontrar os valores do ISNA favoráveis ao plantio foram feitas simulações para períodos de dez dias (decêndio) em relação às séries históricas com mínimo de 15 anos de dados diários de precipitação, a saber: 1° a 10/out, 11 a 20/out, 21 a 31/out, 1° a 10/nov, 11 a 20/nov, 21 a 30/nov, 1° a 10/dez, 11 a 20/dez, 21 a 31/dez - sempre englobando as épocas recomendadas pela pesquisa para obtenção de maiores rendimentos - com o acréscimo de 1,0; 3,0 e 5,8° C - indicados por Houghton et al. (2001), como os de maior probabilidade, onde se variou o tipo de solo e o ciclo da cultura. Se os índices calculados não promoveram penalização, a data é boa para o plantio do arroz. Caso contrário, alteram-se as datas até se identificar o nível de risco em que a área estudada se insere.

Para a cultura de arroz, as classes de ISNA são:

- Baixo risco ( $\text{ISNA} \geq 0,65$ ).
- Médio risco ( $0,65 > \text{ISNA} > 0,55$ )
- Alto risco ( $\text{ISNA} \leq 0,55$ ).

Trabalhou-se com três tipos de solo, segundo a capacidade de armazenamento de água, que foi estimada em função da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura, resultando em valores de capacidade de água disponível (CAD) de 30, 50 e 70 mm, para os tipos 1, 2 e 3, respectivamente. Estes tipos de solos são descritos em artigo de Silva & Assad (2001), conforme a Tabela 1:

**Tabela 1.** Tipos de solo, percentual de argila e capacidade de água disponível.

Tipo	Quantidade de argila	Góscia	CAD
1	< 15% de argila	Areia Quartzosa e Aluviais Arenosos	30mm
2	15% ≤ de argila < 35%	Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro	50mm
3	≥ 35% de argila	Argissolos Vermelho-Amarelo e Vermelho-Escuro	70mm

<sup>1</sup>Evapotranspiração potencial (ETP) ou de referência (ETo): Evapotranspiração potencial é, de acordo com Pereira et al. (2002), a quantidade de água que seria usada por uma extensa superfície vegetada com grama, com altura entre 8 e 15 cm, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo, e sem restrição hídrica. Conceitualmente, a ETP é eliminada apenas pelo balanço vertical de energia, ou seja, pelas condições do ambiente local, podendo ser estimada por fórmulas teórico-empíricas desenvolvidas e testadas para várias condições climáticas. A evapotranspiração nessas condições é tomada como referência quando se quer conhecer a evapotranspiração de uma cultura, em condições não padrão. Logo, a ETP é um indicativo da demanda evapotranspirativa da atmosfera de um local, em um período.

Na etapa seguinte, já com as variáveis obtidas, utilizou-se o modelo BIPZON de simulação do balanço hídrico da cultura (Forest, 1984). O modelo estima o desenvolvimento da planta em função do consumo de água e das disponibilidades hídricas da região.

Por fim, usaram-se programas de interpolação de dados (Surfer 32) e um programa na conversão para o formato da base cartográfica dos Estados do Brasil (DXFCONV2). Caso não houvesse distorções, interpolação incompleta de dados e erros nas posições de nomes e coordenadas, o *script*<sup>2</sup> estaria correto, podendo ser alimentado com dados atuais e de simulação das mudanças já citadas. Porém algumas inconsistências quanto às questões acima colocadas tornaram necessária a revisão de alguns parâmetros, de maneira a obter o melhor resultado possível.

O método de interpolação usado foi a *krigeagem* que, em relação aos outros métodos de interpolação, tem como diferencial a maneira como os pesos são atribuídos às diferentes amostras. No caso de interpolação linear simples, por exemplo, os pesos são todos iguais a  $1/N$  ( $N$  = número de amostras); na interpolação baseada no inverso do quadrado das distâncias, os pesos são definidos como o inverso do quadrado da distância que separa o valor interpolado dos valores observados. Na *krigeagem*, o procedimento é semelhante ao de interpolação por média móvel ponderada, exceto que aqui os pesos são determinados a partir de uma análise espacial. Além disso, a *krigeagem* fornece, em média, estimativas não tendenciosas e com variância mínima.

Calculado o ISNA, feita a simulação levando em consideração todas as variáveis e utilizando-se de técnicas de geoprocessamento, foram confeccionados mapas que permitem avaliar as áreas com alto, médio e baixo risco climático para a determinada cultura, num certo tipo de solo e na data escolhida (Assad & Sano, 1998).

As informações geradas serão parâmetros para o cultivo do arroz de terras altas e, associadas com informações de cada produtor/propriedade, terão o refinamento necessário para a sua aplicação efetiva.

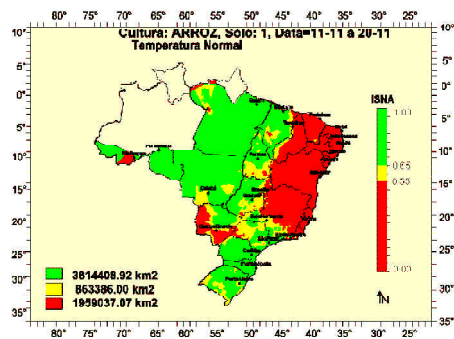
## Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão indicados os principais impactos que podem ocorrer com os aumentos da temperatura do ar de 1, 3 e 5,8°C para três períodos de semeadura e solos distintos. Este trabalho resultou em 27 cartogramas representando todos os cenários estudados, quatro dos quais (Figuras 1 a 4) são apresentados a seguir.

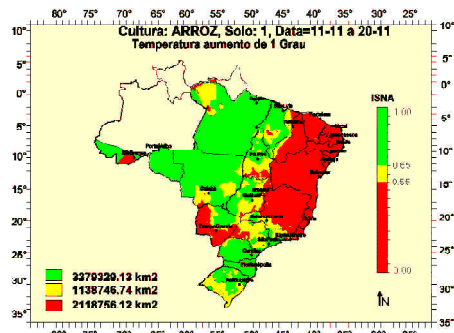
No caso do arroz, o maior impacto é quando a cultura é cultivada em solo arenoso, diminuindo de 3.814.409 km<sup>2</sup> (Figura 1) de área potencialmente produtiva para 1.863.127 km<sup>2</sup> (Figura 4), caso ocorra um aumento de 5,8°C. Isso representa, hoje, uma redução de 51% na área potencialmente produtiva.

**Tabela 2.** Quantificação dos impactos nas áreas com potencial produtivo do arroz conforme aumento da temperatura do ar.

Solo	Áreas	APTA	1 °C	3 °C	5,8 °C	Plantio
1	Km <sup>2</sup>	3.014.409	3.379.329	2.581.100	1.083.127	11-20/11
	%	100	89	87	49	
2	Km <sup>2</sup>	4.890.459	4.484.011	3.954.298	3.143.726	21-30/11
	%	100	90	84	67	
3	Km <sup>2</sup>	5.104.334	4.931.068	4.531.819	3.839.955	21-31/10
	%	100	97	89	75	



**Fig. 1.** Situação atual para o arroz de terras altas em solos arenosos (< 15% de argila), semeado em 11 a 20/11.



**Fig. 2.** Comportamento espacial para o arroz de terras altas em solos arenosos (< 15% de argila), semeado em 11 a 20/11 caso ocorra um aumento de 1°C na temperatura do ar.

<sup>2</sup>Conjunto de instruções em linguagem de máquina criadas para facilitar a execução de uma operação.

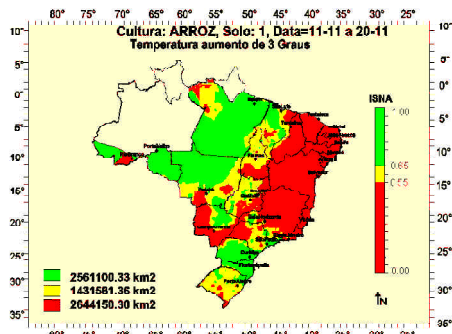


Fig. 3. Comportamento espacial para o arroz de terras altas em solos arenosos (< 15% de argila), semeados em 11 a 20/11 caso ocorra um aumento de 3°C na temperatura do ar.

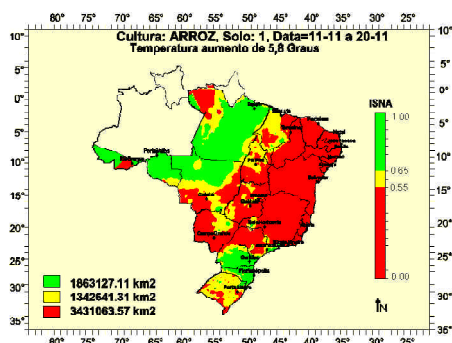


Fig. 4. Comportamento espacial para o arroz de terras altas em solos arenosos (< 15% de argila), semeados em 11 a 20/11 caso ocorra um aumento de 5,8°C na temperatura do ar.

## Referências Bibliográficas

- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2 ed. rev. ampl. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1998. 434 p.
- CUNHA, G. R.; ASSAD, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 377-385, dez. 2001.
- FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R. de; EVANGELISTA, B. A.; LAZZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPONUCENO, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 415-421, dez. 2001.
- FOREST, F. *Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales: présentation et utilisation du logiciel BIP*. Montpellier: IRAT-CIRAD, 1984. 63 p.
- GÖEPFERT, H.; ROSSETT, L. A.; SOUZA, J. **Eventos generalizados e segurança agrícola**. Brasília, DF: IPEA, 1993. 65 p.
- HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGSS, D. J.; NOGUER, M.; LINDEN, P. J. van der; DAI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C. A. (Ed.). *Climate change 2001: the scientific basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 881 p. Contribution of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- SILVA, S. C. da; ASSAD, E. D. Zoneamento de riscos climáticos para o arroz de sequeiro nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Tocantins e Bahia. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 536-543, dez. 2001.
- Comitê de publicações** Presidente: Carlos A. Rava  
Secretário-Executivo: Luiz Roberto Rocha da Silva  
Luís Fernando Stone
- Expediente** Supervisor editorial: Marina A. Souza de Oliveira  
Revisão de texto: Vera Maria T. Silva  
Editoração eletrônica: Diego Camargo  
Tratamento das ilustrações: Diego Camargo  
Normalização bibliográfica: Ana Lúcia D. de Faria

Comunicado  
Técnico, 108

**Embrapa**

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento

**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Arroz e Feijão**  
Rodovia GO 462 Km 12 Zona Rural  
Caixa Postal 179  
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO  
Fone: (62) 533 2123  
Fax: (62) 533 2100  
E-mail: sac@cnpaf.embrapa.br

1ª edição  
1ª Impressão (2005): 1.000 exemplares